

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-079785

(43)Date of publication of application : 23.03.1999

(51)Int.Cl.

G03C 10/14

G03B 19/00

G03B 32/02

(21)Application number : 09-254230

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 03.09.1997

(72)Inventor : OKADA NORIHIRO
YAMAMOTO HIROSHI
HARADA TATSUYA**(54) THIN FILM MAGNETIC HEAD****(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain good adhesion, to make processing easy and to suppress the generation of recesses in an electromagnetic conversion part by constituting a slider of a crystallized glass essentially comprising silicon oxide, magnesium oxide and aluminum oxide in specified proportions and having specified crystallinity, and forming an electromagnetic converting part on the slider.

SOLUTION: The crystallized glass for a slider of a magnetic head consists of 30 to 65 wt.% SiO₂, 9 to 40 wt.% MgO, and 8 to 41 wt.% Al₂O₃, and has 30 to 90% crystallization degree and 700 to 800 Vickers' hardness. This crystallized glass has low density as about 3.1 g/cm³, which decreases the inertial mass of the slider and enables rapid and accurate seeking operation of a magnetic head. Since the glass material of this compsn. is crystallized at the same time of forming by heating and pressurizing, a planer body can be easily produced. The magnetic head is obtd. by forming an electromagnetic converting part of a thin film laminated body on a slider, and is used for an induction thin film magnetic head or an MR induction composite head.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-79785

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月23日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

C 0 3 C 10/14

C 0 3 C 10/14

C 0 3 B 19/00

C 0 3 B 19/00

32/02

32/02

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-254230

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月3日

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 岡田 式博

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72) 発明者 山本 洋

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72) 発明者 原田 達也

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 石井 陽一

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 慣性質量が小さく、電磁変換部に対する接着性が高く、切断や研磨等の加工が容易で、表面平滑化が容易で、電磁変換部のリセスの発生を抑えることができ、しかも、耐摩耗性に優れたスライダを有する薄膜磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 酸化ケイ素、酸化マグネシウムおよび酸化アルミニウムを主成分として含み、これらをそれぞれ SiO_2 、 MgO および Al_2O_3 に換算し、重量百分率で含有量を表わしたとき、 SiO_2 : 30~65重量%、 MgO : 9~40重量%、 Al_2O_3 : 8~41重量%であり、結晶化率が30~90%である結晶化ガラスから構成されるスライダを有し、このスライダ上に電磁変換部が設けられている薄膜磁気ヘッド。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸化ケイ素、酸化マグネシウムおよび酸化アルミニウムを主成分として含み、これらをそれぞれ SiO_2 、 MgO および Al_2O_3 に換算し、重量百分率で含有量を表わしたとき、

SiO_2 : 30~65重量%、

MgO : 9~40重量%、

Al_2O_3 : 8~41重量%であり、

結晶化率が30~90%である結晶化ガラスから構成されるスライダを有し、このスライダ上に電磁変換部が設けられている薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記結晶化ガラスのビッカース硬度が600~800である請求項1の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 前記結晶化ガラスが酸化チタンを含み、これを TiO_2 に換算し、重量百分率で含有率を表したとき、

TiO_2 : 15重量%以下である請求項1または2の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 前記結晶化ガラスがディオプサイド結晶を含む請求項1~3のいずれかの薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 前記スライダの電磁変換部が設けられている表面の表面粗さ R_{max} が、5.0nm以下である請求項1~4のいずれかの薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、結晶化ガラスから構成されるスライダを有する薄膜磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、磁気記録における高密度化が進められている。これに伴ない、ハードディスク用の磁気ヘッドとして、磁極として軟磁性薄膜を用いる誘導型薄膜磁気ヘッドや、磁気抵抗効果を利用して再生を行う磁気抵抗効果型磁気ヘッド（MRヘッド）の開発が盛んに進められている。MRヘッドは、磁性材料を用いた読み取りセンサ部の抵抗変化により外部磁気信号を読み出すものである。MRヘッドでは再生出力が記録媒体に対する相対速度に依存しないことから、線記録密度の高い磁気記録においても高い出力が得られるという特長がある。MRヘッドは再生用ヘッドであるため、記録を行うための誘導型ヘッド部をMRヘッド部と一体化したMR誘導型複合ヘッドが一般に用いられている。

【0003】 ハードディスク用の磁気ヘッドは、スライダのトレーリング側の側面に電磁変換部を設けたものである。薄膜磁気ヘッドの電磁変換部は、下部磁極、ギャップ層、絶縁膜に囲まれたコイル、上部磁極、保護膜等を、それぞれが所定のパターンとなるように順次積層したものである。スライダには、通常、 Al_2O_3 - TiC 焼結体が用いられている。

【0004】 薄膜磁気ヘッドは、通常、浮上型磁気ヘッドとして用いられる。浮上型磁気ヘッドは、高速回転す

る磁気ディスク上に浮上した状態で記録・再生を行うものであり、スライダのエアベアリング面（ディスクに対向する面）と磁気ディスクとの間隔は、高密度記録を行うために極めて狭くなっている。また、最近では、電磁変換部が磁気ディスクと接触するタイプの薄膜磁気ヘッドも開発されている。浮上型磁気ヘッドでは、CSS（Contact Start Stop）方式を採用するものが多い。CSS方式では、ディスク静止中はバネ力により磁気ヘッドがディスク表面に押しつけられており、ディスクが回転を始めると、動圧により磁気ヘッドが浮上する。

【0005】 薄膜磁気ヘッドでは、シーク速度を速くするために、スライダの慣性質量が小さいことが望まれる。また、CSSの繰り返しによる摩耗に耐えるために、スライダの耐摩耗性が良好であることが必要である。また、スライダからの電磁変換部の剥離を防ぐために、スライダと電磁変換部との接着性が良好であることが望まれる。

【0006】 しかし、従来、スライダ材として用いられる Al_2O_3 - TiC 焼結体は、比重が比較的高いため、慣性質量を小さくすることができない。また、耐摩耗性を向上させるために、例えば特開平4-276367号公報に記載されているような Si からなる保護被膜をスライダのエアベアリング面に形成する場合、 Al_2O_3 - TiC 焼結体からなるスライダは Si 保護被膜との接着性が不十分であるため、剥離が生じたり、耐摩耗性が十分に得られないといった問題が生じる。また、電磁変換部の最下層には、通常、 SiO_2 などからなる絶縁層が設けられるが、 Al_2O_3 - TiC 焼結体からなるスライダは、この絶縁層との接着性が十分とはいえない。

【0007】 ところで、薄膜磁気ヘッドは、通常、まず、表面が平滑な絶縁性基板上に電磁変換部を形成し、次いで、絶縁性基板を切断・研磨等によりスライダ形状に加工して製造する。したがって、絶縁性基板は、表面が平滑であるか、表面の平滑化が容易であり、また、切断が容易であり、また、電磁変換部形成後の研磨の際に電磁変換部のリセスが生じないことが望ましい。しかし、 Al_2O_3 - TiC 焼結体は硬度が高いため加工が困難であり、また、電磁変換部のリセスが発生しやすい。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、慣性質量が小さく、電磁変換部に対する接着性が高く、切断や研磨等の加工が容易で、表面平滑化が容易で、電磁変換部のリセスの発生を抑えることができ、しかも、耐摩耗性に優れたスライダを有する薄膜磁気ヘッドを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 このような目的は、下記（1）~（5）のいずれかの構成により達成される。

（1） 酸化ケイ素、酸化マグネシウムおよび酸化アルミニウムを主成分として含み、これらをそれぞれ SiO_2

、 MgO および Al_2O_3 に換算し、重量百分率で含有量を表わしたとき、 SiO_2 ：30～65重量%、 MgO ：9～40重量%、 Al_2O_3 ：8～41重量%であり、結晶化率が30～90%である結晶化ガラスから構成されるスライダを有し、このスライダ上に電磁変換部が設けられている薄膜磁気ヘッド。

(2) 前記結晶化ガラスのピッカース硬度が600～800である上記(1)の薄膜磁気ヘッド。

(3) 前記結晶化ガラスが酸化チタンを含み、これを TiO_2 に換算し、重量百分率で含有率を表したとき、 TiO_2 ：15重量%以下

である上記(1)または(2)の薄膜磁気ヘッド。

(4) 前記結晶化ガラスがディオプサイド結晶を含む上記(1)～(3)のいずれかの薄膜磁気ヘッド。

(5) 前記スライダの電磁変換部が設けられている表面の表面粗さ R_{max} が、5.0nm以下である上記(1)～(4)のいずれかの薄膜磁気ヘッド。

【0010】

【作用および効果】本発明の薄膜磁気ヘッドは、スライダに上記結晶化ガラスを用いる。上記結晶化ガラスの密度(約3.1g/cm³)であり、 Al_2O_3-TiC 焼結体の密度(約4.2g/cm³)に比べ低いため、スライダの慣性質量を小さくできる。このため、シーク動作が迅速かつ正確に行える。

【0011】上記結晶化ガラスは、上記組成のガラス材に熱処理を施して結晶化することにより製造する。上記組成のガラス材は、低温側から昇温していったときに、そのガラス転移点以上かつ液相線温度未満の温度において粘性流動現象を利用した加圧成形が可能である。ガラスの粘性流動を利用することにより、所望の形状の成形体を短時間で容易に得ることができる。すなわち、ガラスインゴットを加熱・加圧成形することにより、容易に板状体が得られる。しかも、成形の際に必要な温度は1000℃以下と低く、900℃以下の温度でも成形可能であり、また、印加する圧力も5MPa程度以下と低くて済み、0.5MPa以下の圧力でも成形可能である。また、粉末を成形して焼結する方法では、成形体中に気孔が存在するため焼結時の収縮率が大きく、寸法精度の良好なものは得にくい。本発明ではバルク状のガラス材を加圧して成形するため気孔の発生がない。また、本発明では、加圧に用いるプレス機の接触面の形状がガラス材の表面性に反映するので、ある程度の平滑性が加圧成形だけで得られる。このため、結晶化後に施す表面平滑化のための研磨工程を簡略化できる。また、研磨することにより、表面粗さ(R_{max})が5.0nm以下、特に4.0nm以下の平滑な表面が容易に得られる。

【0012】また、上記結晶化ガラスのピッカース硬度(600～800)は、 Al_2O_3-TiC 焼結体のピッカース硬度(1800～2300程度)に比べ低く、電磁変換部の硬度に近いので、スライダ形状への加工が容

易であり、研磨の際の電磁変換部のリセスも生じにくい。また、スライダのエアベアリング面に保護被膜[Si 、 TiN 、 $TiCN$ 、ダイヤモンド状カーボン(DLC)等]を形成する場合、剥離が生じにくい。

【0013】本発明では、均質なバルク状ガラス材を溶融しないで加熱・加圧成形し、成形と同時にまたは成形に続いて結晶化することによりスライダ材とするので、十分な強度をもつスライダが得られる。加熱・加圧成形時にガラス材の一部が溶融すると、結晶化後の組織構造が均質にならずに十分な強度が得られないおそれがあるが、本発明ではこれを防ぐことができる。上記結晶化ガラスからなるスライダは、 Al_2O_3-TiC 焼結体に比べ硬度が低いにもかかわらず、十分な耐摩耗性が得られる。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の薄膜磁気ヘッドは、スライダ上に、薄膜積層体からなる電磁変換部が形成されたものである。本発明は、通常の誘導型薄膜磁気ヘッドやMR誘導型複合ヘッドに適用される。MR誘導型複合ヘッドは、電磁変換部として、再生用のMRヘッド(磁気抵抗効果型ヘッド)部と記録用の誘導型ヘッド部とを有する。以下、薄膜磁気ヘッドの例として、MR誘導型複合ヘッドの構成について説明する。

【0015】MR誘導型複合ヘッドの構成例を、図1に示す。この複合ヘッドは、スライダ1上に、MRヘッド部10と誘導型ヘッド部20とがこの順で積層された構造である。MRヘッド部10は、スライダ11側から、絶縁膜12、下部シールド膜13、絶縁膜14、MR膜(磁気抵抗効果膜)15、MRリード膜(MR膜用電極膜)16および絶縁膜17が順次積層された構成である。誘導型ヘッド部20は、MRヘッド部10側から、下部磁極21、磁極間のギャップとして働く絶縁膜22、絶縁膜23、コイル24、上部磁極25および保護膜26が順次積層された構成である。

【0016】スライダ

本発明において、スライダ1は、酸化ケイ素、酸化マグネシウムおよび酸化アルミニウムを主成分として含むガラス材を結晶化させた結晶化ガラスから構成される。前記ガラス材において、酸化ケイ素を SiO_2 に、酸化マグネシウムを MgO に、酸化アルミニウムを Al_2O_3 にそれぞれ換算し、含有量を重量百分率で表わしたとき、 SiO_2 ：30～65重量%、 MgO ：9～40重量%、 Al_2O_3 ：8～41重量%であり、好ましくは SiO_2 ：40～65重量%、 MgO ：9～30重量%、 Al_2O_3 ：8～31重量%である。

【0017】このような組成のガラス材を結晶化により半透明化または不透明化することによって、高い強度が得られ、しかも、従来のスライダに用いられている Al_2O_3-TiC に比べ硬度が低くなるため、加工性に優れ、生産性を高くすることができる。より詳細な組成限

定理由は以下のとおりである。 SiO_2 が少なすぎるとガラス化が困難であり、また、化学的耐久性が低くなり、また、高強度も望めなくなる。 SiO_2 が多すぎると作業温度が高くなり、また、気泡が抜けにくくなり、また、ガラスの均一性が確保しにくくなる。 MgO が少なすぎると融液の粘度が高くなって作業性が悪くなり、 MgO が多すぎるとガラス化が困難となり、また、化学的耐久性が低くなる。 Al_2O_3 が少なすぎると結晶化の際に均一に結晶を析出させることが難しくなり、 Al_2O_3 が多すぎると作業温度が高くなり、また、気泡が抜

けにくくなり、また、ガラスの均一性が確保しにくくなる。

【0018】上記主成分以外に、機械的強度の向上、電磁変換部や鋳型などに対する熱膨張率の適合、流動性改善などのために、下記の各種副成分が必要に応じて添加される。

【0019】副成分としては、酸化チタンが挙げられる。酸化チタンは、結晶化がガラス表面から進行してガラス内部が一樣に結晶化しにくくなることを抑制する。ガラス表面からの結晶化が先行すると、結晶層がガラス表面付近を覆ってしまい、強度が損なわれることがある。酸化チタンの含有率は、 TiO_2 に換算して重量百分率で表したとき、 TiO_2 :15重量%以下であることが好ましい。 TiO_2 が多すぎると、ガラス材をガラス転移点側から昇温していったとき、成形に必要な十分な粘度の低下を示す前に結晶化が生じってしまうため、ガラス転移点から結晶が析出するまでの比較的低い温度での成形が困難となる。

【0020】また、副成分としてCa、BaおよびZnの少なくとも1種が含まれていてもよい。CaおよびBaは流動性を増加させ、また、作業温度を低くする。CaおよびBaは、アルカリ金属元素に比べ、化学的耐久性に対する悪影響が少ない。また、Caの添加によりデオブサイド結晶が析出しやすくなるので、Caの添加は機械的強度の向上に寄与する。Znは、熱膨張率を大きくする必要があるときに添加される。これらをそれぞれCaO、BaOおよびZnOに換算したとき、CaO+BaO+ZnOは、好ましくは20重量%以下、より好ましくは15重量%以下である。これらの合計含有量が多すぎると、ガラス材の表面から結晶化が進みやすくなる。

【0021】また、副成分として貴金属元素、すなわちPd、Pt、Ag、Au、Re、Ru、RhおよびIrの少なくとも1種が含まれていてもよい。これらの貴金属元素の添加により、強度が向上し、また、結晶化の際の作業時間の短縮が可能であるが、コスト上昇を招く。これらの合計含有量は、好ましくは1重量%以下、より好ましくは0.5重量%以下である。

【0022】また、副成分としてMn、Fe、NiおよびCeの少なくとも1種が含まれていてもよい。これら

をそれぞれMnO、FeO、NiOおよびCeO₂に換算したとき、MnO+FeO+NiO+CeO₂は、好ましくは2重量%以下である。

【0023】また、副成分としてアルカリ金属元素およびPの少なくとも1種、すなわちLi、Na、KおよびPの少なくとも1種が含まれていてもよい。アルカリ金属元素の添加は、ガラス転移点を下げて作業温度を低くする効果があり、また、熱膨張率を調整する効果もある。Pの添加は、熱膨張率を調整する効果がある。これらをそれぞれLi₂O、Na₂O、K₂OおよびP₂O₅に換算したとき、Li₂O+Na₂O+K₂O+P₂O₅は、好ましくは5重量%以下、より好ましくは2重量%以下である。アルカリ金属元素およびPは化学的耐久性を低下させるため、含まれないことが最も好ましい。

【0024】また、副成分としてBが含まれていてもよい。Bは、熱膨張率の調整のために添加される。BをB₂O₃に換算したとき、B₂O₃は好ましくは5重量%以下、より好ましくは3重量%以下である。Bも化学的耐久性を低下させるため、含まれないことが最も好ましい。

【0025】また、副成分としてZrが含まれていてもよい。ZrをZrO₂に換算したとき、ZrO₂は、好ましくは5重量%以下、より好ましくは3重量%以下である。ZrO₂の含有量が多すぎると、ガラス化しにくくなる。

【0026】主成分の原料は、通常、酸化物であるが、一部には窒化物を用いてもよい。副成分は、単体として添加しても化合物として添加してもよい。副成分元素の化合物としては、酸化物、窒化物、塩化物、硝酸塩、硫酸塩などが挙げられる。なお、原料の一部に窒化物を用いた場合、ガラス中において窒素原子は酸素原子を置換するかたちで含有されると考えられる。本発明で用いるガラス材中には、短繊維やウイスキーとして窒化物が含まれることはない。なお、窒素を含む場合、窒素をSi₃N₄に換算したとき、Si₃N₄は好ましくは4重量%以下である。窒素量が多すぎると、硬度が高くなりすぎ、また、製造の際には窒素の組成変動が生じやすいため、組成の再現性が悪くなってしまふ。

【0027】なお、組成によっても異なるが、上記ガラス材は、ガラス転移点が500~780℃程度である。

【0028】本発明で用いる結晶化ガラスが含む結晶相は特に限定されないが、少なくともデオブサイドが含まれることが好ましい。生成する結晶は組成によっても異なり、また、同定が困難なこともあるが、通常、生成した結晶のうち同定できる結晶としては、デオブサイドのほか、マグネシウムチタネート、エンスタタイト、β-クオーツ、マグネシウムアルミノチタネート、ルチル、ガーナイト、サファイアリン、ベタライトなどが挙げられる。

【0029】上記結晶化ガラスの平均結晶粒径は特に限

10

20

30

40

50

定されないが、通常、 $100\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $10\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以下である。結晶粒径が大きすぎると高強度が得られにくい。結晶粒径は、走査型電子顕微鏡 (SEM) やX線小角散乱により求めることができる。

【0030】上記結晶化ガラスの結晶化率は、 $30\sim 90\%$ 、好ましくは $60\sim 85\%$ である。結晶化率が低すぎると、硬度が不十分となり、耐摩耗性が不十分となる。ただし、後述するような加熱・加圧成形を行えば、通常、 30% 以上の結晶化率が得られる。一方、結晶化率が高すぎると、過度の結晶化およびガラス中のピンホール発生により、表面性が著しく悪化する。過度の結晶化による表面性の悪化は表面研磨により修正が可能であるが、ピンホールの発生による表面性悪化は回復不可能である。なお、本明細書における結晶化率は、X線回折チャートを用いたピーク分離法により求めた値である。

【0031】上記結晶化ガラスのビッカース硬度 (加重 200g) は、好ましくは $600\sim 800$ 、より好ましくは $700\sim 800$ である。ビッカース硬度が低すぎると、耐摩耗性が不十分となる。一方、ビッカース硬度が高すぎる場合、結晶化が進みすぎていることになるので、ピンホールの発生により表面性が悪くなる。

【0032】電磁変換部

次に、電磁変換部について説明する。

【0033】絶縁膜12は、厚さが $1\sim 20\mu\text{m}$ 程度、構成材料が Al_2O_3 、 SiO_2 等であることが好ましく、形成にはスパッタ法などを用いることが好ましい。

【0034】下部シールド膜13は、厚さが $0.1\sim 5\mu\text{m}$ 程度、構成材料が FeAlSi 、 NiFe 、 CoFe 、 CoFeNi 、 FeN 、 FeZrN 、 FeTaN 、 CoZrNb 、 CoZrTa 等であることが好ましく、形成にはスパッタ法やめっき法などを用いることが好ましい。

【0035】絶縁膜14は、厚さが $10\sim 200\text{nm}$ 程度、構成材料が Al_2O_3 、 SiO_2 等であることが好ましく、形成にはスパッタ法などを用いることが好ましい。

【0036】MR膜15は、磁性膜1層で構成してもよいが、通常、磁性膜と非磁性膜とを積層した多層膜構造とすることが好ましい。磁性膜の材料としては、例えば、 NiFe 、 NiFeRh 、 FeMn 、 NiMn 、 Co 、 Fe 、 NiO 、 NiFeCr 等が好ましい。また、非磁性膜の材料としては、例えば、 Ta 、 Cu 、 Ag 等が好ましい。上記多層膜構造としては、例えば、 $\text{NiFeRh}/\text{Ta}/\text{NiFe}$ の3層構造や、 $\text{NiFe}/\text{Cu}/\text{NiFe}/\text{FeMn}$ 、 $\text{NiFe}/\text{Cu}/\text{Co}/\text{FeMn}$ 、 $\text{Cu}/\text{Co}/\text{Cu}/\text{NiFe}$ 、 Fe/Cr 、 Co/Cu 、 Co/Ag といった複数層構造を1ユニットとして複数ユニットを繰り返し積層した構造とすることが好ましい。さらに、このような多層膜構造とする場合、磁

性膜の膜厚は、 $0.5\sim 50\text{nm}$ 、特に $1\sim 25\text{nm}$ とすることが好ましい。非磁性膜の膜厚は、 $0.5\sim 50\text{nm}$ 、特に $1\sim 25\text{nm}$ とすることが好ましい。上記ユニットの繰り返し数は、 $1\sim 30$ 回、特に $1\sim 20$ 回が好ましい。そして、MR膜全体の厚さは、 $5\sim 100\text{nm}$ 、特に $10\sim 60\text{nm}$ であることが好ましい。MR膜の形成には、スパッタ法やめっき法などを用いることが好ましい。

【0037】MRリード膜16は、厚さが $10\sim 500\text{nm}$ 、特に $50\sim 300\text{nm}$ 程度、構成材料が W 、 Cu 、 Au 、 Ag 、 Ta 、 Mo 、 CoPt 等であることが好ましく、形成にはスパッタ法やめっき法などを用いることが好ましい。

【0038】絶縁膜17は、厚さが $5\sim 500\text{nm}$ 、特に $10\sim 200\text{nm}$ 、構成材料が Al_2O_3 、 SiO_2 等であることが好ましく、形成にはスパッタ法などを用いることが好ましい。

【0039】MRヘッド部を構成する各膜は、レジストパターンを用いた通常のリフトオフ法やミリングパタニング法、あるいはこれらを併用する方法などによりパターンニングすることができる。

【0040】誘導型ヘッド部20の下部磁極21および上部磁極25は、 NiFe 、 CoFe 、 CoFeNi 等の軟磁性材料から構成される。下部磁極の厚さは、 $0.5\sim 4\mu\text{m}$ 程度であり、上部磁極の厚さは、 $3\sim 5\mu\text{m}$ 程度である。図示例の構造では、下部磁極21はMR膜に対する磁気シールド膜としても働くため、上部磁極25に比べ幅広とする。下部磁極の形成には、めっき法やスパッタ法などを用いればよい。上部磁極の形成には、フレイムめっき法を用いることが好ましい。

【0041】絶縁膜22は厚さが $0.01\sim 0.5\mu\text{m}$ 程度、絶縁膜23は厚さが $3\sim 20\mu\text{m}$ 程度、保護膜26は厚さが $5\sim 50\mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。絶縁膜22および保護膜26の構成材料は、 Al_2O_3 、 SiO_2 等であることが好ましく、これらの形成にはスパッタ法などを用いることが好ましい。また、絶縁膜23は、フォトリソ材料を熱硬化させて形成することが好ましい。

【0042】コイル24は、 Cu 等の導電性材料から構成される。コイルの厚さは、 $2\sim 5\mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。コイルの形成には、フレイムめっき法を用いることが好ましい。

【0043】本発明の薄膜磁気ヘッドは、アーム等の従来公知のアセンブリと組み合わせて使用される。

【0044】製造方法

次に、本発明の薄膜磁気ヘッドの好ましい製造方法について説明する。

【0045】この方法では、まず、所定形状、例えば円板状等の結晶化ガラス基板を製造し、この上に薄膜積層体からなる電磁変換部を形成し、次いで、切断・研磨等

により基板をスライダ形状に加工することにより、薄膜磁気ヘッドを得る。

【0046】結晶化ガラス基板の製造方法の概要を、図2に示す。

【0047】ガラス材は、原料を熔融し、これを急冷することにより製造する。熔融は、白金や石英、アルミナ等のるつばなどを用いて、好ましくは5分間～20時間、より好ましくは10分間～2時間行なう。熔融温度は組成によって異なるが、通常、1400℃以上であり、原料には、酸化物や、熔融時に酸化物を生成し得る物質、例えば炭酸塩、重炭酸塩、水酸化物などを用いることができる。加熱時に、原料同士の反応により複合酸化物が形成される。熔融は、通常、空気中で行なう。急冷の方法は、冷却後に非晶質ガラスとできる方法であれば特に制限はなく、例えば、鉄板、カーボン、水中、型などに流し出す方法を用いることができる。

【0048】なお、ガラスを均質化するために、熔融時に十分に攪拌したり、熔融→冷却→粉碎→再熔融を繰り返したり、高周波誘導加熱を行なってもよい。

【0049】このようにして製造した非晶質の透明なガラス材を結晶化するためには、図2(a)、図2(b)および図2(c)に示す方法のうちのいずれかを用いることが好ましい。

【0050】図2(a)に示す方法では、ガラス材に核生成または分相のための熱処理を施した後、そのガラス転移点以上の温度域で加圧成形し、次いで結晶化する。図2(a)では、加圧成形後に結晶化のための熱処理を施しているが、加圧成形時の加熱により結晶化することもできる。図2の(a)、(b)、(c)では、核生成または分相のための熱処理を一次熱処理とし、結晶化のための熱処理を二次熱処理として示してある。

【0051】図2(b)に示す方法では、一次熱処理を施さず、加圧成形後に二次熱処理を施す。この方法でも、独立した二次熱処理を施さずに、加圧成形時の加熱により結晶化することができる。

【0052】図2(c)に示す方法では、加圧成形した後、一次熱処理および二次熱処理を順次施す。

【0053】これらの方法のうちでは、図2(a)に示す方法が最も好ましい。

【0054】なお、ガラス材を結晶化した後に加圧成形することも不可能ではないが、作業性が著しく悪くなるため、好ましくない。ただし、ガラス材の組成によっては結晶化した後でも比較的容易に加圧成形することが可能なこともある。

【0055】これらの方法において、一次熱処理は、ガラスを一樣に結晶化するために必要に応じて施される。ガラス材の組成によっては、結晶が異常に成長して強度が不十分となったりするが、このような場合、結晶化の前に一次熱処理を施すことにより均一に結晶化することが可能となる。また、一次熱処理を施すことにより、結

晶化に要する時間を短縮することもできる。一次熱処理における各種条件は特に限定されないが、核生成または分相が生じる温度付近、具体的には600～850℃程度で30分間～50時間程度熱処理すればよい。なお、核生成または分相が生じる温度が結晶化温度に近い場合には、一次熱処理を省略しても影響は少ない。また、二次熱処理の際の昇温速度を遅くすることによって核生成または分相が生じる温度付近の通過時間を長くすれば、独立した一次熱処理を施した場合と同様な効果を得ることが可能である。

【0056】図2の(a)～(c)に示す各方法における加圧成形時の温度は、ガラスの粘性流動が利用できるようにガラス材のガラス転移点以上とし、好ましくは5MPa以下で成形が可能な温度範囲である。ガラス材の結晶化は、成形時の温度によっては成形中も進行するため、所望の結晶化率範囲に収まるように成形時の温度を適宜設定する。この温度は成形に要する時間によっても異なり、具体的には実験などにより確認すればよいが、通常、1000℃以下、好ましくは700～930℃である。

【0057】ガラス材の加熱は、あらかじめ加熱した型中に挿入することにより行なってもよく、ガラス材を入れた型を炉に入れることにより行なってもよい。そして、ガラス材が軟化点まで昇温した後、加圧成形する。この他、加熱後に型を炉から取り出して、加圧してもよく、この場合、炉中で多数のガラス材を同時に加熱できるので、生産性が向上する。このように、ガラス材の加圧は、成形時の最高温度に到達する前に開始してもよく、成形時の最高温度に到達してから開始してもよい。前者の場合、ガラスが軟化すると同時に成形が始まるため、成形工程を短縮することができる。また、設定した最高温度に達する前に必要な変位が得られれば、その時点で加圧を中止することができるので、さらに時間短縮が可能である。一方、後者では、成形後の均質性が良好となる。また、ガラスの粘度が低下してから圧力を加えるので、成形用型の割れを防ぐことができる。加圧は、ガラス材が型に忠実な変形を示すまで持続すればよく、加圧手段や加圧時の温度などによっても異なるが、通常は5～20分間程度持続すればよい。

【0058】ガラス材の表面付近から結晶化が進行した場合、結晶化後に、ガラス材の表面付近に結晶化率の高い領域が存在することがある。本発明にはこのような領域が存在する場合も含まれるが、一樣に結晶化してこのような領域が実質的に存在しないことが、より好ましい。

【0059】なお、加圧成形後に二次熱処理を行なう場合には、冷却せずに続いて二次熱処理を行えば生産性が向上する。

【0060】上記したガラス転移点、軟化点、結晶化温度、核生成または分相が生じる温度などは、示差熱分析

や熱膨張率の測定などにより求めることができる。

【0061】結晶化ガラス基板は、電磁変換部を形成する前に、その表面を研磨して平滑化することが好ましい。研磨方法は特に限定されず、必要とされる表面粗さが実現できる方法から適宜選択すればよい。研磨後の表面粗さ（JIS B 0610で規定されているRmax）は、5.0nm以下、特に4.0nm以下であることが好ましい。

【0062】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。

【0063】基板No.1

最終組成がSiO₂：50.0重量%、MgO：15.1重量%、Al₂O₃：11.0重量%、TiO₂：12.2重量%、CaO：11.7重量%となるように化合物の粉末を秤量し、再溶融法を用いて均質なガラス融液を作製し、ガラス融液をカーボンの型に流し込んで、ドーム状のガラスインゴットを得た。

【0064】このガラスインゴットを電気炉に入れて一次熱処理および二次熱処理を施し、二次熱処理の際に加圧成形を行って、結晶化ガラスからなる円板状の基板No.1を得た。一次熱処理は、インゴットの歪み緩和のためのアニールおよび結晶核生成のためのものであり、二次熱処理は、結晶化のためのものである。一次熱処理の温度-時間プロファイルは、750℃まで35分間で昇温してアニールのために5分間保持した後、730℃まで5分間で降温し、結晶核生成のためにこの温度に10分間保持した後、35分間で20℃まで降温するものとした。二次熱処理の温度-時間プロファイルは、850℃まで40分間で昇温して30分間保持した後、910℃まで10分間で昇温して10分間保持し、次いで、2時間20℃まで降温するものとした。なお、加圧は、760～850℃のときに行い、加圧力は0.28MPaとした。各熱処理は、カーボンの型の酸化を防ぐためにAr雰囲気中で行った。基板No.1は、白色で半透明であった。

【0065】次に、基板No.1の表面を、研磨した。研磨には、圧力を300q/cm²に設定した固定砥粒定盤を用い、加工液には、研削液を50倍に希釈したもの（pH9）を用いた。この研磨により、表面粗さRmaxは4.0nm以下となった。

【0066】基板No.1のX線回折チャートから、ピーク分離法により結晶化率を求めたところ、35%であった。また、基板No.1のビッカース硬度（加重200g）は、660であった。

【0067】基板No.1についてTMA（熱機械分析）を行い、熱膨張特性を調べたところ、薄膜磁気ヘッドの加工工程における加熱範囲（300℃以下）では線膨張率の変化率が小さく、かつ安定していた。また、寸法変化も無視し得るものであった。

【0068】基板No.2

二次熱処理の温度-時間プロファイルにおいて、850

℃での保持時間を2時間とし、910℃での保持時間を30分間としたほかは基板No.1の場合と同様な条件で基板No.2を作製した。基板No.2は、白色で不透明であった。

【0069】基板No.2の表面を、基板No.1と同様にして研磨した。この研磨により、表面粗さRmaxは4.0nm以下となった。

【0070】基板No.2について、基板No.1と同様な測定を行った結果、結晶化率は80%であり、ビッカース硬度は770であった。なお、基板No.2は基板No.1に比べ、高温での線膨張率の安定性がより良好であった。

【0071】基板No.3（比較例）

基板No.1、2に用いたものよりも結晶化しやすい組成のガラスインゴット、具体的には、SiO₂：43.0重量%、MgO：23.9重量%、Al₂O₃：15.7重量%、TiO₂：10.5重量%、CaO：6.9重量%からなるガラスインゴットを用い、910℃での保持時間を4時間としたほかは基板No.2の場合と同様な条件で基板No.3を作製した。基板No.3は、白色で不透明であった。

【0072】基板No.3の表面を、基板No.1と同様にして研磨した。この研磨により、表面粗さRmaxは3.2nmとなった。基板No.3の表面を光学顕微鏡により観察したところ、研磨後においても多数のピンホールが認められ、スライダとしての利用は不可能であった。

【0073】基板No.3について、基板No.1と同様な測定を行った結果、結晶化率は95%であり、ビッカース硬度は790であった。

【0074】なお、基板No.3の作製に用いたガラスインゴットに、基板No.1または基板No.2の作製時に用いた二次熱処理を施したところ、結晶化率およびビッカース硬度は本発明範囲内となった。

【0075】薄膜磁気ヘッド

基板No.1または基板No.2の表面上に電磁変換部を形成した後、切断および研磨により基板をスライダ形状に加工し、図1に示す構成の薄膜磁気ヘッドを作製した。スライダ1に接する絶縁膜12は、SiO₂から構成した。

【0076】どちらの基板を用いた場合でも、基板の切断および研磨は容易であり、短時間で薄膜磁気ヘッドが得られた。また、研磨の際に電磁変換部のリセスは発生しなかった。

【0077】これらの薄膜磁気ヘッドを用いて、CSSを繰り返し行った。その結果、CSSを10万回以上繰り返しても読み取りが可能であり、スライダと電磁変換部との接着性が良好で、スライダの耐摩耗性が良好であることが確認できた。

【0078】以上の結果から、本発明の効果が明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図1】薄膜磁気ヘッドの構成例を示す断面図である。

【図2】(a)～(c)は、本発明で用いる結晶化ガラスの製造方法を説明するためのフローチャートである。

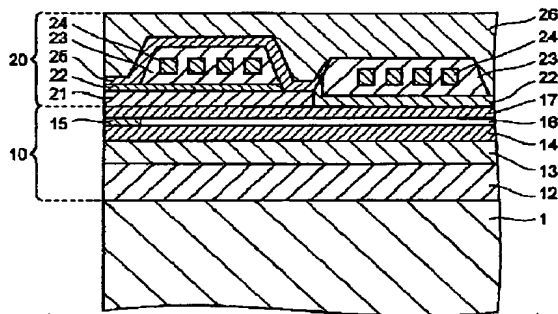
【符号の説明】

- 1 スライダ
- 10 MRヘッド部
- 12 絶縁膜
- 13 下部シールド膜
- 14 絶縁膜
- 15 MR膜（磁気抵抗効果膜）

- *16 MRリード膜
- 17 絶縁膜
- 20 誘導型ヘッド部
- 21 下部磁極
- 22 絶縁膜（ギャップ）
- 23 絶縁膜
- 24 コイル
- 25 上部磁極
- 26 保護膜

*10

【図1】



【図2】

